



## Engenharia de Produção: What's Your Plan?



Marcos William Kaspchak Machado  
(Organizador)

# Engenharia de Produção: What's Your Plan?

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Natália Sandrini e Lorena Prestes

Revisão: Os autores

#### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E57 Engenharia de produção: what's your plan? [recurso eletrônico] /  
Organizador Marcos William Kaspchak Machado. – Ponta  
Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Engenharia de Produção:  
What's Your Plan?; v. 1)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-253-1

DOI 10.22533/at.ed.531191204

1. Engenharia de produção – Pesquisa – Brasil. I. Machado,  
Marcos William Kaspchak. II. Série.

CDD 620.0072

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de  
responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos  
autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A obra “*Engenharia da Produção: What’s your plan?*” é subdividida de 4 volumes. O primeiro volume, com 35 capítulos, é constituído com estudos contemporâneos relacionados aos processos de gestão do conhecimento e educação na engenharia, além das áreas de engenharia econômica e tomada de decisão através de pesquisa operacional.

Tanto a gestão de conhecimento como a educação na engenharia mostram a evolução das ferramentas aplicadas ao contexto educacional e empresarial. Algumas delas, provenientes de estudos científicos, baseiam os processos de tomadas de decisão e gestão estratégica dos recursos utilizados na produção. Além disso, os estudos científicos sobre o desenvolvimento da educação em engenharia mostram novos direcionamentos para os estudantes, quanto à sua formação e inserção no mercado de trabalho.

Na segunda parte da obra, são apresentados estudos sobre a aplicação da gestão de custos, investimentos em ativos e operações de controle financeiro em organizações. E outros, que representam a aplicação de ferramentas de método multicritério de tomada à decisão empresarial que auxiliam os gestores a escolher adequadamente a aplicação de seus recursos.

Aos autores dos capítulos, ficam registrados os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora, pela dedicação e empenho sem limites que tornaram realidade esta obra que retrata os recentes avanços científicos do tema.

Por fim, espero que esta obra venha a corroborar no desenvolvimento de conhecimentos e inovações, e auxilie os estudantes e pesquisadores na imersão em novas reflexões acerca dos tópicos relevantes na área de engenharia de produção.

Boa leitura!

Marcos William Kaspchak Machado

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO NO BRASIL: UM PANORAMA NA PESQUISA EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO	
Rodrigo Salgado Martuchelli Fernando Luiz Goldman	
DOI 10.22533/at.ed.5311912041	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>17</b>
A ESCOLHA DO TEMA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCC) NA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO COMO UM PROBLEMA DE TOMADA DE DECISÃO	
Ian Viana Coutinho Emmanuel Paiva de Andrade Edna Ribeiro Alves Celia Cristina Pecini Von Kriiger Liliane Almeida	
DOI 10.22533/at.ed.5311912042	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>29</b>
ENSINO 3.0: A FORMAÇÃO ACADÊMICA EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO PAUTADA NO DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS	
Éder Wiliam de Macedo Siqueira	
DOI 10.22533/at.ed.5311912043	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>41</b>
SERVITIZAÇÃO E INDÚSTRIA 4.0 NA MANUFATURA: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA	
Matheus Phelipe Vendramini Alexandre Tadeu Simon	
DOI 10.22533/at.ed.5311912044	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>53</b>
A INOVAÇÃO NAS EMPRESAS DE PEQUENO PORTE: UMA ANÁLISE DO DESENVOLVIMENTO ORGANIZACIONAL ATRAVÉS DO GRAU DE INOVAÇÃO	
Auristela Maria da Silva André Marques Cavalcanti Gabriel Herminio de Andrade Lima	
DOI 10.22533/at.ed.5311912045	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>64</b>
ALINHAMENTO ESTRATÉGICO ENTRE A TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E O PLANEJAMENTO DOS NEGÓCIOS BASEADO NA GESTÃO DE TI	
Rafael Nunes de Campos Íris Bento da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.5311912046	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>76</b>
COACHING: UMA REVISÃO DA LITERATURA	
Maria de Fatima do Nascimento Brandão Níssia Carvalho Rosa Berginate	
DOI 10.22533/at.ed.5311912047	

<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>95</b>
GESTÃO DAS PARTES INTERESSADAS E INOVAÇÃO ABERTA: UM ENSAIO TEÓRICO NA PERSPECTIVA DO GERENCIAMENTO DE PROJETOS	
Priscila Nesello	
Ana Cristina Fachinelli	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5311912048</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>111</b>
GERENCIAMENTO DE PROJETOS: COMPARATIVO BIBLIOMÉTRICO DOS ANAIS DE CONGRESSOS BRASILEIROS NA ÁREA DE ADMINISTRAÇÃO E ENGENHARIA DE PRODUÇÃO	
Ronielton Rezende Oliveira	
Patricia Souza Amaral Tardivo Boldorini	
Henrique Cordeiro Martins	
Alexandre Teixeira Dias	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5311912049</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>136</b>
GESTÃO DO CONHECIMENTO NO DEPARTAMENTO PÓS-OBRA	
Erick Areco Cáceres	
Silvia de Toledo Gomes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.53119120410</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>153</b>
MODELO DE ANÁLISE DE PREDIÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DAS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS UTILIZANDO CADEIAS DE MARKOV	
Auristela Maria da Silva	
André Marques Cavalcanti	
Gabriel Herminio de Andrade Lima	
<b>DOI 10.22533/at.ed.53119120411</b>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>167</b>
MODELOS DE MATURIDADE EM GESTÃO DE PROJETOS: UMA ANÁLISE COMPARATIVA	
Rafael de Azevedo Palhares	
Natalia Veloso Caldas de Vasconcelos	
Mariana Simião Brasil de Oliveira	
Arthur Arcelino de Brito	
Paulo Ellery de Oliveira	
Pedro Osvaldo Alencar Regis	
Nathaly Silva de Santana	
Pablo Veronese de Lima Rocha	
Ricardo André Rodrigues Filho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.53119120412</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>182</b>
O USO DA MANUTENÇÃO COMO ESTRATÉGIA DE NEGÓCIO NO SERVIÇO DE PÓS-VENDA EM UM SISTEMA PRODUTO-SERVIÇO	
Paulo Mantelatto Pecorari	
Carlos Roberto Camello Lima	
<b>DOI 10.22533/at.ed.53119120413</b>	

<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>194</b>
PRÁTICAS DE MEDIAÇÃO: A APLICAÇÃO DO GOOGLE CLASSROOM COMO BASE DA DISCIPLINA DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO NO CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO	
Julio Cesar Ferreira dos Passos Maria Juliana Goes Coelho da Cruz Ricardo Venturinelí Simone Seixas Picarelli	
<b>DOI 10.22533/at.ed.53119120414</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>205</b>
SOLUÇÃO TECNOLÓGICA EM REALIDADE VIRTUAL PARA TREINAMENTO DE ATLETAS PARALÍMPICOS: O CASO DO TREINA+	
Bernardo Vasconcelos de Carvalho Luiz Guilherme Rodrigues Antunes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.53119120415</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>217</b>
TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E AGRONEGÓCIO: PRINCIPAIS REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
Luiz Ricardo Oliveira Begali Eduardo Gomes Carvalho Weider Pereira Rodrigues Lázaro Eduardo da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.53119120416</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>230</b>
ANÁLISE DE EFICIÊNCIA DOS MUNICÍPIOS PARAIBANOS NA APLICAÇÃO DE RECURSOS DO GOVERNO FEDERAL PARA O CONTROLE DA DOENÇA DE CHAGAS: UMA INVESTIGAÇÃO POR MEIO DE ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS	
Jonas Cordeiro de Araújo Edlaine Correia Sinézio Martins	
<b>DOI 10.22533/at.ed.53119120417</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>245</b>
ANÁLISE DA VIABILIDADE DO PROCESSO DE AUTOMATIZAÇÃO NA LINHA DE MONTAGEM EM UMA EMPRESA DE INTERRUPTORES	
Leonardo Ayres Cordeiro Matheus Dias Guedes de Oliveira Nayara Aparecida Rocha Ferreira Sílvia Gabriela Macieira Ramos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.53119120418</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>258</b>
ANÁLISE DE INVESTIMENTOS EM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EM UMA UNIVERSIDADE	
Roni Mateus Machado Rigo Anderson Felipe Habekost Cristiano Roos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.53119120419</b>	

<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>270</b>
ESTIMATIVAS DAS ELASTICIDADES PREÇO E RENDA DA DEMANDA POR ENERGIA ELÉTRICA RESIDENCIAL E POR REGIÃO GEOGRÁFICA DO BRASIL	
Palloma da Costa e Silva Roberta Montello Amaral	
<b>DOI 10.22533/at.ed.53119120420</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>283</b>
COMPARATIVO DO CUSTO TOTAL DE PROPRIEDADE DE VEÍCULOS DE TRANSPORTE DE FUNCIONÁRIOS: ESTUDO DE CASO EM FÁBRICA DE CONFECÇÕES	
Nelize Aparecida de Souza Rodney Wernke Antonio Zanin	
<b>DOI 10.22533/at.ed.53119120421</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>294</b>
ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA PARA CRIAÇÃO DE UMA INCUBADORA TECNOLÓGICA EM LORENA	
Thamara Gonçalves Vilela Prado Marco Antonio Pereira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.53119120422</b>	
<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>307</b>
MÉTODO FLUXO DE CAIXA DESCONTADO: ANÁLISE FINANCEIRA DA PETROBRAS	
Evandir Megliorini Ian Miller Osmar Domingues José Roberto Tálamo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.53119120423</b>	
<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>318</b>
MÉTODO <i>PRICE BAND</i> APLICADO NA PRECIFICAÇÃO DE PRODUTOS EM UMA REDE VAREJISTA	
O'mara Guimarães da Costa Natália Varela da Rocha Kloeckner	
<b>DOI 10.22533/at.ed.53119120424</b>	
<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>328</b>
PREVISÃO DO PREÇO DO CIMENTO PORTLAND NOS ESTADOS DA REGIÃO SUL DO BRASIL	
Patricia Cristiane da Cunha Xavier Adriano Mendonça Souza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.53119120425</b>	
<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>344</b>
PROPOSTA DE UM DIAGNÓSTICO DOS ATIVOS INTANGÍVEIS EM EMPRESAS DE BASE TECNOLÓGICA DO SETOR DE ENERGIA	
Vinícius Jaques Gerhardt Julio Cezar Mairesse Siluk Jordana Rech Graciano dos Santos Mariana Soncini Minuzzi Claudia de Freitas Michelin	
<b>DOI 10.22533/at.ed.53119120426</b>	

<b>CAPÍTULO 27</b> .....	<b>356</b>
APLICAÇÃO DA OTIMIZAÇÃO EM REDES EM UMA EMPRESA DO SETOR AVÍCOLA	
Luana Teixeira Sousa	
Ananda Gianotto Veiga	
Mariana Ferreira de Carvalho Chaves	
Marcus Vinicius Vaz	
Stella Jacyszyn Bachega	
<b>DOI 10.22533/at.ed.53119120427</b>	
<b>CAPÍTULO 28</b> .....	<b>368</b>
COMPARAÇÃO DE TÉCNICAS DE FORECASTING PARA SÉRIES SAZONAIS: UMA APLICAÇÃO PARA PREVISÃO DA UMIDADE RELATIVA DO AR EM SANTA MARIA – RS	
Liane Werner	
Cleber Bisognin	
<b>DOI 10.22533/at.ed.53119120428</b>	
<b>CAPÍTULO 29</b> .....	<b>380</b>
DESENVOLVIMENTO DO MENOR CAMINHO PARA A MELHORIA DAS LINHAS DE ÔNIBUS EM UM BAIRRO NO MUNICÍPIO DE ARACAJU - SE	
Tayane Magalhaes Alvaia	
Hellen Mariany Santos	
Marcos Wandir Nery Lobao	
Jose Ricardo Menezes Oliveira	
Glaucia Regina de Oliveira Almeida	
<b>DOI 10.22533/at.ed.53119120429</b>	
<b>CAPÍTULO 30</b> .....	<b>391</b>
ELABORAÇÃO E VALIDAÇÃO DE QUESTIONÁRIO PARA AVALIAÇÃO DE SERVIÇOS BASEADO NOS MÉTODOS SERVQUAL E SMARTS: APLICAÇÃO EM TERMINAIS AEROPORTUÁRIOS	
João Paulo Figueira Marchesi	
Janaina Figueira Marchesi	
<b>DOI 10.22533/at.ed.53119120430</b>	
<b>CAPÍTULO 31</b> .....	<b>407</b>
MODELO MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO PARA ESCOLHA DE UM TRANSPORTADOR TERCEIRIZADO ATRAVÉS DO MÉTODO PROMETHEE II	
Mirian Batista de Oliveira Bortoluzzi	
Monica Frank Marsaro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.53119120431</b>	
<b>CAPÍTULO 32</b> .....	<b>420</b>
SISTEMA DE APOIO À DECISÃO PARA OTIMIZAÇÃO DE ROTAS EM UMA FÁBRICA DE PÃES	
Kassia Tonheiro Rodrigues	
Carolina Lino Martins	
Kurt Costa Peters	
Naylil Liria Baldin Lacerda	
Luiz Junior Maemura Yoshiura	
<b>DOI 10.22533/at.ed.53119120432</b>	

<b>CAPÍTULO 33</b> .....	<b>431</b>
USO DA <i>CONJOINT ANALYSIS</i> PARA AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS DA EMBALAGEM DE CASTANHA DE BARU NA PREFERÊNCIA DOS CONSUMIDORES MATO-GROSSENSES	
Eduardo José Oenning Soares Rodrigo Carniel Sefstron Rodolfo Benedito da Silva Alexandre Gonçalves Porto Alexandre Volkmann Ultramari	
<b>DOI 10.22533/at.ed.53119120433</b>	
<b>CAPÍTULO 34</b> .....	<b>442</b>
ANÁLISE DOS FUNDOS BRASILEIROS DE ÍNDICE ATIVO: EXISTE RELAÇÃO ENTRE A TAXA DE ADMINISTRAÇÃO E OS RESULTADOS ENTREGUES AOS INVESTIDORES?	
Igor Soares Pinto Coelho Marcelo Albano Mauricio da Rocha José Guilherme Chaves Alberto Adriano Cordeiro Leite	
<b>DOI 10.22533/at.ed.53119120434</b>	
<b>CAPÍTULO 35</b> .....	<b>453</b>
OTIMIZAÇÃO DO MIX DE PRODUÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DE TINTAS E REVESTIMENTOS	
Ariane Schio de Azevedo Carolina Lino Martins João Batista Sarmento dos Santos Neto Kassia Tonheiro Rodrigues Luiz Junior Maemura Yoshiura	
<b>DOI 10.22533/at.ed.53119120435</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>473</b>

## ANÁLISE DE INVESTIMENTOS EM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EM UMA UNIVERSIDADE

### Roni Mateus Machado Rigo

Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul.

### Anderson Felipe Habekost

Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, Rio Grande do Sul.

### Cristiano Roos

Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul.

**RESUMO:** A energia solar fotovoltaica é uma das fontes de energia limpa e renovável que apresenta melhor eficiência na geração de energia elétrica. No entanto, o alto custo presente da instalação ainda é um dos fatores que limita sua disseminação, custo este proveniente de materiais importados. Deste modo, o objetivo deste trabalho foi verificar a eficácia de sistemas fotovoltaicos analisando a viabilidade econômica dos painéis como principal fonte de energia para do setor da reitoria da Universidade Federal de Santa Maria. Para o desenvolvimento do projeto, 16 cenários foram simulados com diferentes superfícies de instalação e potências efetivas, em conjunto com o sistema de bandeira tarifarias vigente proposto pela ANEEL. Os métodos econômicos utilizados foram o Valor Presente Líquido, Taxa interna de Retorno, Payback Simples e Payback Descontado. Utilizou-se também

para a métrica de custo de geração de energia o método LCOE. Com o auxílio conjunto dos métodos empregados foi conclusivo a viabilidade econômica do investimento para todos os cenários analisados. Sendo estes relacionados a instalação em superfícies com suportes pré-estabelecidos, mais atrativos em relação a instalação de superfícies sem suporte, em solo. Sabendo disso, e sabendo também que a Engenharia de produção é importante para estudos de aumento de produtividade e eficiência, desenvolvemos o trabalho, baseado em dados reais de consumo de energia, rendimento e orçamento para a reitoria da UFSM.

**PALAVRAS-CHAVE:** Engenharia econômica, Sistema fotovoltaico, Universidade Federal de Santa Maria, Reitoria, Análise de investimento.

### 1 | INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas o panorama energético mundial tem sofrido diversas mudanças devido ao desenvolvimento econômico e à demanda energética crescente. Segundo Kannan e Vakeesan (2016), a ascensão econômica é diretamente proporcional à demanda energética de um país. A matriz energética brasileira é composta, principalmente, por fontes ligadas a hidrelétricas. Segundo o site da ANEEL (2017a),

cerca de 60,97% da produção de energia elétrica no território brasileiro provem de usinas hidroelétricas (UHE). No entanto, mesmo que usinas hidroelétricas sejam consideradas limpas e renováveis, suas aplicações ainda são discutíveis. Uma vez que causam danos ambientais e necessitam de uma área de alagamento considerável para sua implementação.

Os sistemas fotovoltaicos são considerados como uma das fontes de energia renováveis mais promissoras atualmente. Sua configuração simples e de fácil integração com o ambiente urbano auxilia na sua inserção em qualquer meio, (DÁVI et al., 2016). Segundo Lee et al. (2016), os locais mais comuns de instalações fotovoltaicas são universidades, uma vez que elas atuam como exemplo do desenvolvimento tecnológico sustentável para os demais setores da sociedade. A elevada vida útil do equipamento e o baixo custo de manutenção requerido para o funcionamento do sistema são argumentos decisivos na viabilização de um investimento que dura por mais de duas décadas (BHANDARI et al., 2015). Como o território brasileiro possui um alto índice de irradiação, ele tem um amplo potencial para a implantação da tecnologia fotovoltaica em seu território, (FERREIRA et al., 2018). Segundo Ciriminna et al. (2015), a tecnologia fotovoltaica possui menor custo de geração de energia quando comparada à geração de energia pela queima de combustíveis fósseis.

Segundo Ferreira et al. (2018), este setor ainda é deficiente devido a falta de informação, conhecimento sobre fontes de energia renováveis e compreensão dos envolvidos nesta área, que por sua vez tendem a evitar riscos econômicos e financeiros relacionados ao desenvolvimento de projetos associados a sistemas fotovoltaicos. Sabendo disso, e sabendo também que a Engenharia de produção é importante para estudos de aumento de produtividade e eficiência desenvolvemos o presente trabalho, com intuito de analisar por métodos econômicos a viabilidade e eficiência da instalação de sistemas fotovoltaicos na reitoria da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

## 2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Estudos relacionados

Atualmente os sistemas fotovoltaicos têm sido apresentados como uma excelente solução para a crise energética e aumento de valores do kw estabelecida nas últimas décadas pelas concessionárias de energia. Segundo Campos et al. (2014) em seu estudo sobre viabilidade técnica e econômica da instalação de um sistema fotovoltaico na Universidade Federal e Tecnológica do Paraná (UTFPR), é fundamental a análise da demanda energética assim como do período Payback de retorno do capital investido para este modelo de projeto. No estudo de viabilidade econômica de expansão de sistemas fotovoltaicos instalados no campus da UNH (University of New Hampshire) em New England, Lee et al. (2016) utilizaram parâmetros de avaliação econômica

como o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR) para suas análises. Segundo Rodrigues et al. (2016), no estudo do custo-eficácia de sistemas fotovoltaicos, os métodos econômicos mais utilizados para indicar a rentabilidade de um projeto são: Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), Payback Simples (PBS), Payback Descontado (PBD). Com base nos indicadores econômicos VPL, TIR e Payback Simples, Mondal e Islam (2011) encontraram condição favorável para o desenvolvimento do sistema fotovoltaico solar de 1 MW, conectado à rede, em Bangladesh. Com auxílio dos métodos VPL, TIR e Payback Simples, Weidaa, Kumarb e Madlenerb (2016) obtiveram estatísticas financeiras que demonstraram a possibilidade de sistemas fotovoltaicos serem competitivos, em termos econômicos, em relação a fontes de geração de eletricidade baseadas nos combustíveis fósseis na Alemanha.

O custo total do projeto é fundamental para a análise do retorno sobre o investimento. Assim levando em consideração o tempo e a geração de energia, é possível determinar o custo por unidade de energia produzida ou o Levelized Cost of Energy (LCOE), (VERMA; DONDAPATI, 2017). Baseado nos custos anuais, periódicos, iniciais e de vida-útil, Weidaa, Kumarb e Madlenerb (2016), utilizaram o método LCOE para estimar os custos totais da instalação de um sistema fotovoltaico na Alemanha. Segundo Patil et al. (2017), o LCOE é uma das principais métricas para avaliar o desempenho e a capacidade de armazenamento de sistemas fotovoltaicos.

## 2.2 Análise de Investimentos

Conforme Puccini (2011), a base dos métodos utilizados em análise de investimentos depende dos retornos fornecidos pelos fluxos de caixa associado aos projetos em estudo. É fundamental para o controle e racionalização de recursos de capital, a análise prévia do investimento, logo o conhecimento dos valores de tempo e dinheiro são critérios essenciais para qualquer decisão neste tema, (HIRSCHFELD, 2000). Assim, vários métodos podem ser usados de forma combinadas.

A Taxa Mínima de Atratividade (TMA) é considerada como uma taxa razoável de retorno, e estabelece a avaliação e a seleção de alternativas em um empreendimento, (BLANK; TARQUIN, 2012). O Valor Presente Líquido (VPL) é definido como a diferença entre o valor presente, o valor futuro do fluxo de caixa e do custo do investimento, (ROSS; WESTERFIELD; JORDAN, 2010). Desta forma, com base nas taxas e retornos, o VPL compara o valor de um investimento hoje com o valor futuro do capital investido. O VPL é um dos métodos mais efetivos de avaliar a viabilidade de um projeto de longo prazo.

Segundo Blank e Tarquin (2012), a Taxa Interna de Retorno (TIR) é a taxa obtida devido ao saldo não recuperado de um investimento, de modo que o valor do saldo final é levado a exatamente zero, considerando as taxas, quando realizado o último desembolso. A atratividade de um investimento tem direta relação com o valor da TIR, ou seja, uma TIR alta indica que a oportunidade de investimento é favorável,

(RODRIGUES et al., 2016).

O Payback Simples é uma técnica de análise aproximada, logo que a mesma não considera nenhum tipo de desconto envolvido, isto é, o valor do tempo do dinheiro é completamente ignorado, (ROSS; WESTERFIELD; JORDAN, 2010). Desta forma, o Payback Simples não deve ser considerado como um parâmetro econômico confiável, e sim, deve ser utilizado apenas como uma ferramenta de estimativa ou para fornecer informações suplementares (BLANK; TARQUIN, 2012). Assim como o Payback Simples o Payback Descontado também é baseado no reembolso de um investimento inicial, no entanto este método considera o rendimento do dinheiro ao longo do período determinado. (ROSS; WESTERFIELD; JORDAN, 2010).

Outra metodologia é a Levelized Cost of Energy (LCOE), essencial para a avaliação comparativa da relação custo-eficácia de diferentes tecnologias para a geração de energia, (BRANKER; PATHAK; PEARCE, 2011). Utilizado como prática padrão no setor de geração de energia, a metodologia LCOE serve como critério de referência pelo qual a maioria dos projetos de energia são julgados (DE ANDRES et al., 2017). Segundo Pawel (2014), o LCOE é definido como o custo de vida útil de um investimento dividido pela energia acumulada gerada por este investimento. No entanto, o método não inclui os riscos e nem outros métodos de financiamento disponíveis para a tecnologia em questão (BRANKER; PATHAK; PEARCE, 2011).

### 3 | PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O local escolhido para a realização e exemplificação do projeto foi o prédio da Reitoria da UFSM, na cidade de Santa Maria, Rio Grande do Sul. A coleta de dados técnicos relacionados ao consumo, custo e demanda da energia elétrica da unidade observada proporcionou o desenvolvimento de 16 cenários que abordam diferentes demandas e arranjos, conforme a unidade e os sistemas fotovoltaicos relacionados. A configuração dos cenários foi baseada nos diferentes locais de instalação e os locais de instalação fazem referência ao tipo de superfície aplicada. Quanto à potência instalada, após a análise do consumo da reitoria, decidiu-se pelo dimensionamento do equipamento baseado no consumo médio mensal do local. As informações em relação à instalação, custos, rendimento e manutenção dos sistemas fotovoltaicos foram fornecidas por uma empresa do setor. Em relação aos cálculos de viabilidade econômica utilizou-se a taxa da inflação dos últimos 10 anos e o rendimento médio mensal da poupança dos últimos 5 anos.

Após a coleta de dados, definição dos cenários e das taxas aplicáveis nos cálculos de análise econômica, foi possível verificar a viabilidade do investimento em questão. Desta forma, para a realização dos cálculos utilizou-se os métodos discutidos na etapa de referência bibliográfica, como o VPL, TIR, Payback Simples, Payback Descontado e LCOE. Assim, a última etapa contemplou a conclusão apontada a partir dos dados estabelecidos nas fases anteriores.

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Afim de encontrar no meio comercial um sistema fotovoltaico que atenda as demandas energéticas da reitoria, foi preciso realizar uma coleta e uma análise dos dados relacionados ao consumo energético do edifício. Com o auxílio de um aparelho de medição instalado durante o período de 08/03/2015 à 25/02/2016, foi possível coletar dados de consumo energético registrados a cada 15 minutos diariamente. O aparelho utilizado nesta medição registrou 68.004 dados de consumo entre dois transformadores que alimentavam a reitoria. Desta forma foi possível especificar e analisar diversos valores importantes para o dimensionamento do sistema fotovoltaico, como o consumo máximo, mínimo e médio diário do período. O consumo máximo registrado nas medições foi de 124,117 kWh, observado às 14:00 horas do dia 25/01/2016. E o consumo mínimo observado foi de 1,996 kWh, registrado às 19:30 do dia (23/05/2015). O valor de consumo médio mensal encontrado foi de 21,875 kWh durante o período observado.

### 4.1 Tarifa da energia elétrica

Para o seguimento deste trabalho foi necessário obter os dados referentes à tarifa de energia elétrica. Segundo a fatura eletrônica emitida pela RGE Sul referente ao mês de setembro de 2017, cedida pela PROINFRA (Pró Reitoria de Infraestrutura) da UFSM, foi possível constatar que a mesma pertence à tarifa horária azul, subgrupo A4 (2,3 a 25kV). Assim, pode-se comparar o custo da energia ativa em R\$/kWh em horário de ponta e fora de ponta entre abril de 2016 e maio de 2017 com auxílio da Tabela 1 retirado do site da RGE Sul (2017b), onde não estão inclusos valores adicionais de bandeiras, ICMS, PIS e COFINS.

Subgrupo A4 (2,3 kV a 25 kV)	Ponta (R\$/kWh)		Fora de ponta (R\$/kWh)	
	Abril 2016	Maio 2017	Abril 2016	Maio 2017
Poder/Serviço público	0,463210	0,403080	0,325970	0,277050

Tabela 1 – Energia ativa em R\$/kWh

Fonte: Adaptado de RGE Sul (2017a).

O sistema de bandeiras tarifárias é um dos principais acessórios acrescentados a tarifa. Em vigor desde março de 2015, o sistema se baseia nas condições de geração de energia elétrica do país para repassar ou não um custo extra por kWh ao consumidor final. Assim conforme três bandeiras de cores (verde, amarela e vermelha) alusão a cores dos semáforos, é possível indicar se haverá ou não acréscimo no custo da energia. No caso da bandeira vermelha, tem-se ainda uma divisão em dois patamares

conforme o nível dos reservatórios estabelecidos.

## 4.2 Sistemas fotovoltaicos

Há uma expressiva diferença de custo entre a instalação em superfícies cobertas, como telhados e lajes, e superfícies com ausência de estrutura, como o solo. Segundo a empresa consultada para a realização dos orçamentos, o valor da instalação é aumentado, caso a superfície desejada não apresente estrutura, pois é necessário a instalação de um suporte de sustentação extra para o posicionamento dos painéis. Assim decidiu-se pela instalação dos painéis em edifícios e na região de campo próximo a reitoria. Logo, o fator de comparação do custo benefício entre a instalação no chão e em um edifício se apresentou como opção proveitosa para a documentação nesta pesquisa.

Outro fator importante para a construção dos cenários é o rendimento dos sistemas fotovoltaicos. O equipamento utilizado foi dimensionado conforme os dados de consumo energético médio mensal da reitoria, assim decidiu-se que devido ao alto valor de consumo da unidade, seria benéfico que o sistema projetado contemplasse dois extremos dessa demanda. Desse modo, tendo como referência o consumo médio mensal, foi possível obter dois sistemas que atendessem a 73,77513% e 111,3088% da demanda média mensal, assim sistemas com 460 e 694 módulos produzindo 147,2 kWp e 222,08 kWp de potência nominal. Desse modo, considerando as duas superfícies diferentes de instalação, as potências nominais estabelecidas e os sistemas de bandeira tarifária vigente, foi possível a mensuração dos 16 cenários, conforme tabela 2.

	Cenário				Potência Nominal (kWp)	Custo Do SFV (Em reais – R\$)	Número De painéis (320 Wp)	Potência Efetiva (kWh) Ano
	Verde	Amarela	Vermelha I	Vermelha II				
Solo	1	5	9	13	147,2	647.037,00	460	193.659,7
	2	6	10	14	222,08	968.846,40	694	292.173,6
Edifício	3	7	11	15	147,2	611.347,90	460	193.659,7
	4	8	12	16	222,08	915.002,40	694	292.173,6

Tabela 2 – Sistemas fotovoltaicos e distribuição dos cenários

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

## 4.3 Viabilidade econômica

Conforme os dados de rendimento, custos de manutenção e lucratividade estimada, foi possível a elaboração de uma planilha que calcula os métodos econômicos utilizados para aferir a viabilidade do projeto. Desse modo, o produto do desempenho

dos sistemas fotovoltaicos é calculado multiplicando o rendimento médio mensal de cada sistema pela tarifa de energia elétrica já acrescida da bandeira referente ao período determinado. Considerou-se como taxa de correção da tarifa elétrica a taxa de juros anual equivalente calculada com referência a inflação nos últimos 10 anos, conforme a Tabela 8. A inflação também inferiu nos custos de manutenção relacionados ao DPS e a limpeza dos painéis.

A apresentação dos cálculos para cada cenário será dividida conforme a bandeira vigente, afim de facilitar a compreensão e estabelecer a comparação entre os resultados. Isto porque as bandeiras apresentam diferentes valores adicionais a tarifa. A bandeira verde, única que não possui valor adicional, apresenta custo atual de R\$ 0,524 por KWh consumido, com o ICMS incluso. Portanto, com referência no valor desta tarifa, foram realizados os cálculos previstos para a análise econômica. A Tabela 3, apresenta os valores obtidos nos cálculos de *Payback* Simples, *Payback* Descontado, TIR e VPL.

Cenário	<i>Payback</i> Simples (em meses)	<i>Payback</i> Descontado (em meses)	TIR (Ao mês)	VPL (Em reais – R\$)
1	93	124	1,24%	979,348.91
2	93	125	1,23%	1,466,632.93
3	89	118	1,29%	1,015,038.01
4	90	119	1,28%	1,520,476.93

Tabela 3 – Resultados relacionados à bandeira verde

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Com base na Tabela 3, é possível observar que dentro do período de 300 meses estipulado como referência de vida útil do sistema, todos os cenários foram viáveis, uma vez que os VPLs calculados apresentam saldo positivo. Tanto o método *Payback* Simples quanto o *Payback* Descontado apresentam períodos razoáveis de retorno. Para os cenários 1, 2, 3 e 4. O *Payback* Simples aparece entre o mês 89 (7 anos e 5 meses) e o mês 93 (7 anos e 9 meses), período significativamente pequeno considerando a dimensão do investimento. O *Payback* Descontado apresenta característica de retorno mais longa para estes cenários, entre o mês 119 (9 anos e 11 meses) e o mês 125 (10 anos e 5 meses).

Para o cálculo referente a bandeira amarela é considerado o custo adicional de R\$ 1,00. Com o valor do ICMS adicionado, a tarifa aumenta para R\$ 0,537 por kWh consumido. Desse modo, os cálculos apresentam maiores diferenças nos resultados conforme a Tabela 4.

Cenário	<i>Payback</i> Simples (em meses)	<i>Payback</i> Descontado (em meses)	TIR (Ao mês)	VPL (Em reais – R\$)
5	91	120	1,27%	1.052.799,09
6	91	121	1,26%	1.577.447,20
7	87	115	1,32%	1.088.488,19
8	88	119	1,31%	1.631.915,40

Tabela 4 – Resultados relacionados à bandeira amarela

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Os cenários 5, 6, 7 e 8 também são viáveis, uma vez que os VPLs apresentam valores positivos, conforme a Tabela 10. O método *Payback* Simples ocorre entre o mês 88 (7 anos e 4 meses) e o mês 91 (7 anos e 7 meses). O método *Payback* Descontado apresenta período maior de retorno, obtendo resultado entre o mês 115 (9 anos e 7 meses) e o mês 121 (10 anos e 1 mês).

Conforme exposto anteriormente a bandeira vermelha patamar 1 tem acréscimo de R\$ 3,00 na tarifa, apresentando valor total, com ICMS incluso, de R\$ 0,563 por KWh consumidos. A Tabela 11, dispõe os valores obtidos nos cálculos de viabilidade econômica. O retorno pelo método *Payback* Simples ocorre entre o mês 83 (6 anos e 11 meses) e o mês 87 (7 anos e 3 meses). E para o método *Payback* Descontado o retorno ocorre entre o mês 108 (8 anos e 12 meses) e o mês 114 (9 anos e 6 meses). Os cenários apresentados são viáveis, uma vez que todos os VPLs calculados apresentam valor positivo.

A bandeira vermelha patamar 2 possui maior acréscimo entre todas as bandeiras. A tarifa é acrescida em R\$ 5,00, tendo custo de R\$ 0,589 por kWh consumido, neste caso com o ICMS incluso.

Os cenários 13, 14, 15 e 16 apresentam os valores mais razoáveis de retorno, tanto no método *Payback* Simples quanto no *Payback* Descontado. Os valores calculados em relação a recuperação acontecem entre o mês 80 (6 anos e 8 meses) e o mês 84 (6 anos e 12 meses) no método *Payback* Simples e entre o mês 103 (8 anos e 7 meses) e o mês 107 (8 anos e 11 meses) no método *Payback* Descontado. Conforme os valores positivos calculados para os VPLs, todos cenários são viáveis. Sendo o cenário 15 estabelecido como o mais viável entre os demais cenários, apresentando valores de retorno de 80 e 103 meses para os métodos *Payback* Simples e *Payback* Descontado e uma TIR com valor de 1,43%.

#### 4.4 Método LCOE

Tendo como taxa média de rendimento a poupança nos últimos 5 anos (0,5670%) e o período de vida útil do sistema especificado pela empresa em 300 meses, foi possível obter o valor de 0,007011973 para o CRF. Este valor constante será utilizado

para os todos os sistemas, pois todos apresentam a mesma vida útil e dependem da taxa de juros baseada na poupança.

Devido ao alto valor de potência nominal dos sistemas fotovoltaicos, todos os sistemas apresentam cenários viáveis e eficientes baseado nos resultados obtidos nos cálculos do LCOE. Observa-se um valor muito próximo entre todos os sistemas, principalmente pela razão entre o custo de manutenção e instalação ser muito semelhante entre os sistemas. Outro fator determinante para o resultado do LCOE foi o local de instalação. Foi possível observar que o custo de instalação e geração é menor quando o sistema é instalado em uma superfície que possui suporte ou edificação previamente estabelecida. Assim conforme a Tabela 6, para os sistemas de 147,2 kWp e 222,08 kWp, instalados no solo, o custo de geração é de R\$ 0,1115 por kWh gerado. Já para os sistemas instalados em edifícios o custo é de R\$ 0,1114 por kWh gerado.

#### 4.5 Análises Finais dos Resultados

Fator crucial para os cálculos de viabilidade econômica, a degradação de 0,8% ao ano do rendimento dos sistemas fotovoltaicos, acarreta em uma redução de 18,132% da potência efetiva média no final do período de vida útil estipulado. No entanto, devido aos valores de VPL positivo e TIR superior que a TMA encontrados para os cenários simulados, é conclusivo que todas as situações são viáveis economicamente. Desse modo, é possível observar uma nítida influência do local de instalação e bandeira vigente tanto para os valores do VPL quanto para os valores do LCOE. Para a potência de 147,2 kWp a um aumento de 3,5160% do VPL quando a instalação é feita em um edifício, considerando a bandeira verde. Para a bandeira amarela este aumento é de 3,2788% tendo como base a mesma potência. Para a bandeira vermelha patamar 1 o rendimento é de 2,9982% para a potência de 147,2 kWp. A bandeira vermelha patamar 2 sofre contração neste aumento para 2,7618% para a potência de 147,2 kWp. Logo é visível a influência do custo do suporte extra atingindo significativamente o rendimento do VPL para as potências, assim como o aumento na tarifa ocasiona em uma taxa de aumento do VPL menor em relação a outras bandeiras.

É notável que para as potências de 147,2 kWp e 222,08 kWp os valores do VPL são consideravelmente razoáveis. Uma vez que comparado ao valor de \$81.996 para o VPL encontrado por Lee et al. (2016) para o edifício Celentano Hall em New England para um sistema de com capacidade de geração de 82.800 kWh/ano.

A potência nominal infere devido ao valor agregado dos sistemas fotovoltaicos. O local da instalação é o principal fator decisório na instalação dos sistemas, devido ao custo inicial superior ocasionado pela necessidade de um suporte extra para a superfície terrestre. No geral, os valores expostos refletem como as potências também interferem na TIR. Em média os valores da TIR são 0,01% maiores nos sistemas com potência de 147,2 kWp do que com potência de 222,08 kWp. Também é notável que devido a potência nominal e o local de instalação o melhor cenário é o 15º da bandeira

vermelha 2, tendo uma TIR de 1,43%. Valor muito superior ao encontrado por Bustos et al. (2016), em estudo conduzido em 22 duas cidades no Chile, onde os autores obtiveram valores negativos em relação a TIR, demonstrando assim a baixa viabilidade na instalação deste sistema.

Em conjunto com os fatores citados, é necessário a análise da produção do excedente de energia e seu custo de recuperação. Segundo a Resolução Normativa Número 687 (ANEEL, 2015), o excedente gerado não pode ser vendido a concessionária, o mesmo retorna ao cliente em forma de crédito. No entanto, a energia elétrica que retorna ao cliente em forma de crédito sofre depreciação de custo, uma vez que a mesma não é incidida de ICMS quando transposta para a concessionária. Logo, tendo em vista que o preço da tarifa horária azul do subgrupo A4 (2,3 a 25kV) sem o acréscimo do ICMS encontra-se entre R\$ 0,40308 e R\$ 0,45308 por kWh consumido, este valor recuperado é 23,0769% mais barato que o cobrado pela concessionária.

Em relação aos valores de geração de energia elétrica com o sistema fotovoltaico pelo método LCOE, foi considerada a taxa de conversão do dólar comercial americano para o dia 26 de novembro de 2017 (1 Dólar dos EUA/USD = 3,2294 Real Brasil/BRL) (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2017b). Para os sistemas de potência nominal de 147,02 kWp e de 222,08 kWp no solo os valores são de US\$ 0,3600781. Para os sistemas de potência nominal de 147,02 kWp e de 222,08 kWp em edifícios, os valores são de US\$ 0,35975516. Em comparação com os valores encontrados por Lacchini e Rütther (2015), de US\$ 0,132 por kWh para um sistema de potência nominal de 6,42 kWp instalado em Belo Horizonte e de US\$ 0,129 por kWh para 5,46 kWp em Brasília, é possível observar como uma maior potência nominal acarreta em uma produção mais eficiente de energia.

## 5 | CONCLUSÃO

As demandas futuras de energia elétrica exibem um panorama em que as fontes renováveis se apresentam como principal modo para suprir sustentavelmente este consumo exigido. Neste cenário, os sistemas fotovoltaicos aparecem como uma das principais soluções para geração limpa de energia elétrica.

Com os resultados para os cenários criados neste trabalho, obteve-se que devido ao custo inicial superior estabelecido para superfícies terrestres, bandeiras tarifárias e a potências instaladas, conclui-se que os cenários 13, 14, 15 e 16 exibem maior eficiência econômica que os demais cenários. Entre estes cenários, o 15 apresenta a maior TIR de 1,43%, sendo o melhor de todos os cenários possíveis, gerando um VPL de R\$ 1.292.219,30. Neste caso, o sistema de 147,02 kWp instalado em edifício, responsável por 73,77513% da demanda total da reitoria, é disposto como melhor solução possível, uma vez que não gera energia em excedente. O cenário 16 apesar de apresentar VPL de R\$ 1.945.265,70 superior aos demais cenários, possui custo inicial elevado devido a potência de 222,08 kWp instalada.

Contudo, os métodos econômicos constataram, que devido ao custo inicial superior em termos de potência instalada versus rendimento mensal, os sistemas que possuem instalação em superfícies terrestre são menos atrativos que os sistemas instalados em edifícios. A bandeira tarifária também é um fator que infere significativamente no retorno final do investimento. Conforme foi, a cada aumento na tarifa, maior é a rentabilidade dos sistemas fotovoltaicos. Assim, ocorre um aumento de 0,14% na TIR nos cenários sem adição de tarifa em relação aos cenários com adição máxima de tarifa.

Pode-se destacar quanto a definição de possíveis áreas para a instalação dos sistemas, a necessidade de uma pesquisa mais precisa para cada superfície. Neste caso, para a instalação em solo, seria necessário um estudo de georreferenciamento sobre as áreas escolhidas e uma análise mais detalhada sobre a possibilidade de instalação destes sistemas em uma região próxima à base aérea.

De modo geral, o trabalho dispôs diferentes cenários com maior e menor grau de atratividade, sendo todos viáveis. Assim, com dados reais de consumo energético, orçamento e rendimento dos sistemas, foi possível desenvolver um projeto plenamente útil para a UFSM e com possibilidade de comportar 73,77513% e 111,3088% da demanda energética da reitoria da Universidade Federal de Santa Maria.

## REFERÊNCIAS

ANEEL. Agência Nacional De Energia Elétrica. **Capacidade de Geração do Brasil**. Brasília, 2017a. Disponível em: < <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 11/09/2018.

Banco Central do Brasil. **Câmbio e Capitais internacionais**. 2017b. Disponível em <http://www4.bcb.gov.br/pec/taxas/batch/taxas.asp?id=txdolar>. Acesso em: 26/11/2018.

Bhandari, K.; Collier, J.; Ellingson, R.; Apul, D. (2015). Energy payback time (EPBT) and energy return on energy invested (EROI) of solar photovoltaic systems: A systematic review and meta-analysis. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. 47.

Blank, L. T.; Tarquin, A. **Engineering economy**. 7. ed. New York: McGraw-Hill, 2012.

Branker, K; Pathak, M.J.M; Pearce, J.M. A review of solar photovoltaic levelized Cost of Electricity. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, p. 4470–4482, 2011.

Campos, H.; Marinque, A.K.; Kobiski, B.V.; Júnior, E.; Junior, J. Study of technical feasibility and the payback period of the invested capital for the installation of a grid-connected photovoltaic system at the library of the Technological Federal University of Paraná. **International Journal of Energy & Environment**. 5, 6, 643-654, Nov. 2014. ISSN: 20762895.

Ciriminna R, Meneguzzo F, Pecoraino M, Pagliaro M. **Rethinking Solar Energy Education on the Dawn of the Solar Economy**, submitted (2015).

Dávi, G. et al. Energy performance evaluation of a net plus-energy residential building with grid-connected photovoltaic system in Brazil. *Energy and Buildings*, v. 120, p. 19 – 29, 2016.

De Andres, A. D.; Medina-Lopez, E.; Crooks, D.; Roberts, O.; Jeffrey, H. (2017). On the Reversed LCOE calculation: design constraints for wave energy commercialization. **International Journal of**

## Marine Energy. 18.

Ferreira, A.; Kunh, S.S.; Fagnani, C.K.; De Souza, A.T.; Tonezer, C.; Dos Santos, R.G.; Coimbra-Araujo, C. (2018). Economic overview of the use and production of photovoltaic solar energy in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. 81.

Hirschfeld, H. **Engenharia Econômica e Análise de Custos**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

Kannan, N.; Vakeesan, D. Solar energy for future world: - A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 62, p. 1092 – 1105, 2016.

Lacchini, C.; Rüther, R. (2015). The influence of government strategies on the financial return of capital invested in PV systems located in different climatic zones in Brazil. **Renewable Energy**. 83. 786-798.

Lee, J.; Chang, B.; Aktas, C.; Gorthala, R. (2016). Economic feasibility of campus-wide photovoltaic systems in New England. **Renewable Energy**. 99. 452-464.

Mondal, A.; Islam, S. Potential and viability of grid-connected solar PV system in Bangladesh. **Renewable Energy**, v. 36, n. 6, p. 1869 – 1874, 2011.

Pawel, I. (2014). The Cost of Storage – How to Calculate the Levelized Cost of Stored Energy (LCOE) and Applications to Renewable Energy Generation. **Energy Procedia**. 46. 68–77.

Puccini, E.C. (2011). **Matemática financeira e análise de investimentos** / Ernesto Coutinho Puccini. – Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração/UFSC; [Brasília]: CAPES: UAB, 2011. 204p.

Patil, R.V.; Biradar, I.V.; Shreyas, R.; Garg, P.; Orosz, M.; Thirumalai, N.C. (2017). Techno-economic comparison of solar organic Rankine cycle (ORC) and photovoltaic (PV) systems with energy storage. **Renewable Energy**.

RGE SUL. **Bandeiras Tarifárias**. 2017a. Disponível em <https://www.rgesul.com.br/sobre-rge/Paginas/educacao-legislacao-seguranca/bandeiras-tarifarias.aspx>. Acesso em: 24/10/2018.

Rodrigues, S.; Torabi, R.; Faria, F.; Cafôfo, N.; Chen, X.; Ivaki, R.A.; Mata-Lima, H.; Dias, M. (2016). Economic feasibility analysis of small scale PV systems in different countries. **Solar Energy**. 131. 81-95.

Ross, S.; Westerfield, R.; Jordan, B. (2010). **Fundamentals of Corporate Finance** (9 ed., Vol., pág.). New York, New York: The McGraw-Hill.

Sharma, K. (2011). **Fundamentals of Engineering Economics** (EDITIONDESC ed., Vol., pág.). San Diego, CA: Cognella.

Verma, J.K.; Dondapati, R.S. (2017). Techno-economic Sizing Analysis of Solar PV System for Domestic Refrigerators. **Energy Procedia**.

Weida, S.; Kumar, S.; Madlener, R. (2016). Financial Viability of Grid-connected Solar PV and Wind Power Systems in Germany. **Energy Procedia**.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**MARCOS WILLIAM KASPCHAK MACHADO** Professor na Unopar de Ponta Grossa (Paraná). Graduado em Administração- Habilitação Comércio Exterior pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Especializado em Gestão industrial na linha de pesquisa em Produção e Manutenção. Doutorando e Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, com linha de pesquisa em Redes de Empresas e Engenharia Organizacional. Possui experiência na área de Administração de Projetos e análise de custos em empresas da região de Ponta Grossa (Paraná). Fundador e consultor da MWM Soluções 3D, especializado na elaboração de estudos de viabilidade de projetos e inovação.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-253-1

